

Recenzja pracy habilitacyjnej dr. Tomasza Ślęzaka oraz ocena jego dorobku naukowego

Dr Tomasz Ślęzak ukończył studia na Uniwersytecie Jagiellońskim i uzyskał tytuł magistra fizyki w roku 1995. W tym samym roku rozpoczął studia doktoranckie na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie w grupie prof. Józefa Koreckiego. Habilitant uczestniczył w badaniach własności magnetycznych cienkich warstw i układów wielowarstwowych. W szczególności wyniki badań właściwości magnetycznych układów zawierających związki międzymetaliczne FeAu i FeAl stanowiły podstawę jego rozprawy doktorskiej zatytułowanej *Pośrednie sprzężenie międzywarstwowe i polaryzacja spinowa w układach FeAl i FeAu*, obronionej z wyróżnieniem w 2000 roku. Praca ta została też wyróżniona nagrodą Prezesa Rady Ministrów w roku 2001. Promotorem pracy doktorskiej Habilitanta był prof. J. Korecki.

Od 1999 roku dr Ślęzak jest pracownikiem Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie, w latach 1999-2000 jako asystent a od 2000 roku na stanowisku adiunkta. W roku 2000, po uzyskaniu stopnia doktora, dr Ślęzak wyjechał na dziewięciomiesięczny staż naukowy do Instytutu Promieniowania Jądrowego Katolickiego Uniwersytetu w Leuven w Belgii. Kontynuował tam tematykę badawczą doktoratu nabywając w szczególności doświadczenia w wytwarzaniu wielowarstwowych układów epitaksjalnych, w których kombinacja anizotropii magnetycznej warstw składowych i międzywarstwowych oddziaływań wymiennych stabilizowały niekolinearną strukturę magnetyczną całego układu.

Po powrocie dr Ślęzak kontynuował pracę w grupie prof. Koreckiego badając właściwości magnetyczne cienkowarstwowych struktur metalicznych jak również uczestnicząc w badaniach strukturalnych ultra cienkich warstw metalicznych, zwłaszcza żelaza. Zastosowanie w tych badaniach rezonansowego rozpraszania jądrowego z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego pozwoliło zgromadzić nowe dane i wyciągnąć oryginalne wnioski na temat zjawisk magnetycznych oraz dynamiki sieci w nanostrukturach Fe. Cykl siedmiu publikacji zawierających te wyniki został przedłożony przez dr. Ślęzaka jako osiągnięcie habilitacyjne zatytułowane *Jądrowe rezonansowe rozpraszanie promieniowania synchrotronowego w badaniach dynamiki drgań sieci i magnetyzmu nanostruktur Fe*.

Cykl ten obejmuje siedem artykułów opublikowanych w latach 2007-2013 w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, w tym trzy w *Physical Review Letters* i jeden *Physical Review B* (5-letnie Impact Factors tych bardzo wysoko cenionych czasopism to, odpowiednio, 7.435 i 3.603). Pozostałe artykuły ukazały się w *Surface Science* (IF=1.776), *Review of Scientific Instruments* (IF=1.602) oraz *Materials Science – Poland* (IF=0.343).

Wszystkie prace są wieloautorskie a przedłożone do recenzji dokumenty zawierają oświadczenia wszystkich współautorów opisujące ich wkład do tych siedmiu publikacji. W pięciu z nich (H1-H5) Habilitant jest pierwszym autorem (przy niealfabetycznej kolejności autorów). W pracy H6 - dr Ślęzak jest trzecim autorem. Pierwszy autor, według jego oświadczenia był odpowiedzialny przede wszystkim za uruchomienie układu eksperymentalnego na linii ID18 w ESRF zaś drugi uczestniczył w opracowaniu i interpretacji wyników doświadczalnych oraz pisaniu artykułu. Habilitant oświadczył, że w

pracach H1-H6 jego wkład polegał na współplanowaniu eksperymentów, udziale w pomiarach synchrotronowych, interpretacji wyników i pisaniu manuskryptu. Zadeklarowany udział procentowy (50% przy pracach H1-H5 i 40% przy H6) wskazuje na wiodącą rolę Habilitanta, jeśli uwzględnić udział w pracy zespołów liczących około 10 osób. Praca H7 ma szczególny charakter i przede wszystkim opisuje konstrukcję układu eksperymentalnego na linii ID18 w ESRF wykorzystywanego w pozostałych pracach cyklu. W tym przypadku dr Ślęzak jest ósmym (przedostatnim) autorem, jednak jego trzydziestoprocentowy wkład w projektowanie i uruchomienie tej aparatury w pełni uzasadnia włącznie tej pracy do cyklu stanowiącego osiągnięcie habilitacyjne.

Przedłożone oświadczenia współautorów są w pełni zgodne z deklaracją Habilitanta o jego udziale w pracach H1-H7. Wkład współautorów polegał głównie na udziale w przygotowaniu próbek, wykonaniu dodatkowych pomiarów charakteryzujących badane próbki, przygotowaniu wyspecjalizowanej aparatury synchrotronowej, udziale w eksperymentach synchrotronowych, udziale w dyskusjach nad interpretacją wyników lub wykonaniu wyspecjalizowanych obliczeń teoretycznych. Charakter przeprowadzonych badań całkowicie uzasadnia udział dość licznej grupy współautorów. Wszystkie prace powstały z wykorzystaniem dużego urządzenia badawczego (źródła promieniowania synchrotronowego), w większości z nich wykorzystano nowo zbudowany układ eksperymentalny. W takich pracach naturalny jest udział grupy osób odpowiedzialnych za bezawaryjne działanie stacji eksperymentalnej lub uczestniczących w zbieraniu wyników w trybie pracy ciągłej. Wartość współpracy z teoretykami wspierającymi interpretację uzyskanych wyników zaawansowanymi obliczeniami jest oczywista, podobnie jak znaczenie udziału specjalistów w zastosowaniu innych, w tym przypadku uzupełniających, metod badawczych (n.p. STM czy MOKE) pozwalających uzyskać komplementarne dane na temat badanych układów. Prof. Józef Korecki, współautor wszystkich publikacji składających się na osiągnięcie habilitacyjne dr. Ślęzaka, kierownik zespołu i koordynator projektu „Dynasync”, w ramach którego powstała większość z tych prac, bezpośrednio podkreślił ogromny wkład Habilitanta do koncepcji i realizacji wykonanych badań oraz jego rolę jako wiodącego autora przedłożonych jako osiągnięcie habilitacyjne publikacji.

Przedstawione prace stanowią spójny cykl poświęcony badaniu właściwości magnetycznych i dynamiki sieci wybranych cienkowarstwowych struktur metalicznych. Badanym elementem magnetycznym w wybranych strukturach jest warstwa Fe a podstawową metodą badawczą rezonansowe jądrowe rozpraszanie promieniowania synchrotronowego (elastyczne i nieelastyczne). Podjęte badania wpisują się w skupiającą bardzo duże zainteresowanie i wysiłek badawczy dziedzinę fizyki magnetycznych nanostruktur. Pojawienie się technologicznych możliwości preparowania z monowarstwową rozdzielczością skomplikowanych wielowarstwowych struktur z materiałów magnetycznych i niemagnetycznych dało szansę badania oddziaływań magnetycznych w nanoskali oraz sterowania w ten sposób właściwościami magnetycznymi i magnetotransportowymi takich układów. Najbardziej spektakularnym rezultatem takich prac stało się, nagrodzone Nagrodą Nobla, odkrycie gigantycznego magneto-oporu i rozwinięcie idei elektroniki spinowej (spintroniki). Bardzo liczne kolejne prace pozwoliły zgromadzić ogromną wiedzę o fizyce oddziaływań magnetycznych i właściwościach takich układów. Niemniej, rosnący stopień komplikacji wytwarzanych struktur, malejący rozmiar i wymiar ich elementów składowych a co za tym idzie czułość na zjawiska powierzchniowe i międzywierzchniowe prowadzą do wciąż nowych pytań o mechanizmy oddziaływań w nich występujących i możliwość sterowania ich właściwościami. Odpowiedzi na takie, bardzo istotne z punktu widzenia badań podstawowych i zastosowań, pytania poświęcone były też prace raportowane w publikacjach 1H-7H.

Praca 1H dobrze ilustruje, wykorzystaną także w pozostałych pracach, przemyślaną kombinację zaawansowanej epitaksji układów metalicznych i metody rezonansowego rozpraszania jądrowego promieniowania synchrotronowego. Zbadano właściwości magnetyczne monowarstwy żelaza wyindukowane przez sprzężenie międzywarstwowe z monoatomową supersiecią FeAu oddzieloną warstwą Au o zmiennej grubości. Wykorzystano izotopową selektywność metody pomiarowej i zbudowano badaną monowarstwę Fe z mössbauerowskiego izotopu ^{57}Fe . W ten sposób monitorowano średnie nadsubtelne pole magnetyczne tej właśnie warstwy w funkcji grubości warstwy Au i temperatury. Wykazano nieoczywistą, niemonotoniczną zależność nadsubtelnego pola magnetycznego od grubości niemagnetycznej przekładki. Wpływ sprzężenia międzywarstwowego okazał się najsilniejszy w okolicy temperatury Curie co pozwoliło autorom poprzeć hipotezę o tłumieniu przez nie fluktuacji spinowych w warstwie Fe.

Praca 3H zawiera rozszerzony opis zastosowanej metody badawczej zilustrowany dwoma przykładami. Pierwszy to badania opisane w publikacji 1H (jednakże z nieelegancko sformatowanym rysunkiem 4, z którego zniknęły najniższe punkty doświadczalne widoczne na rys. 3 w publikacji 1H). Drugi przykład to badania warstwy Fe(110) osadzonej na podłożu W(110) i zjawiska reorientacji kierunku namagnesowania spontanicznego. Te eksperymenty były wykonywane w układzie opisanym w publikacji 7H, w konfiguracji niskokątowej, zatem pomiary rozpraszania promieniowania X mogły być prowadzone *in situ* równoległe z osadzaniem badanej warstwy (czas pomiaru jednego widma odpowiadał wzrostowi 0.1 monowarstwy żelaza można więc przyjąć, że wykonywano „migawkowe zdjęcia” rosnącego układu). Pozwoliło to w szczególności wyeliminować wpływ na obserwowane zjawiska warunków przygotowania warstw, zapewne w znacznym stopniu odpowiedzialny za znaczny rozrzut danych literaturowych. Dalsze szczegóły tych badań zawiera publikacja 4H. Precyzyjne pomiary rezonansowego rozpraszania jądrowego w funkcji grubości warstwy pozwoliły dokładnie prześledzić proces reorientacji kierunku namagnesowania spontanicznego i zaproponować interpretację wymagającą rewizji akceptowanego uprzednio założenia o jednorodności magnetyzacji w kierunku prostopadłym do powierzchni warstwy. Umożliwiło to też zaproponowanie wyjaśnienia spotykanych w literaturze rozbieżności w obserwacjach reorientacji kierunku namagnesowania spontanicznego w Fe/W(110). W pracy 5H szczegółowo przebadano scenariusze reorientacji kierunku namagnesowania także w funkcji temperatury. Wykorzystano przy tym czułość głębokościową metody w funkcji kąta padania promieniowania. Wykazano pojawianie się niekolinearnej struktury namagnesowania przy reorientacji kierunku namagnesowania spontanicznego w Fe/W(110), zarówno indukowanej wzrostem grubości warstwy jak i przy zmianie temperatury. Prace poświęcone badaniu magnetyzmu struktury Fe/W(110) (3H-5H) zawierają obszerny, spójny zestaw oryginalnych danych pokazujących mechanizm reorientacji kierunku namagnesowania spontanicznego, stanowiących solidną podstawę do zaproponowania interpretacji rewidującej istniejące poglądy i wyjaśniającej wcześniejsze rozbieżności w obserwacjach i interpretacjach tego zjawiska. Bez wątpienia jest to bardzo wartościowy element dorobku naukowego Habilitanta.

Nie mniej jednak ciekawe są prace poświęcone badaniu dynamiki sieci cienkich warstw Fe osadzonych na W(110) (2H i 6H). Są one w znacznym stopniu pionierskie, podjęte wkrótce po tym jak dzięki wykorzystaniu źródeł promieniowania synchrotronowego III generacji stało się możliwe badanie struktury fononowej za pomocą nieelastycznego rezonansowego rozpraszania jądrowego promieniowania X. Podstawą sukcesu tych prac jest znowu skojarzenie trafnego doboru metody badawczej, wyrafinowanej aparatury pomiarowej (stworzonej przy znacznym udziale dr. Ślęzaka) zainstalowanej przy jednym z najlepszych źródeł promieniowania synchrotronowego na świecie (co również stanowi sukces autorów) i perfekcyjnego opanowania epitaksji cienkich warstw badanego materiału, aż do grubości

monoatomowej. I tym razem wykorzystano izotopową rozdzielczość rezonansowego rozpraszania jądrowego by za pomocą monowarstwy ^{57}Fe umieszczonej na powierzchni, tuż pod powierzchnią lub w głębi warstwy żelaza sondować lokalnie rozkład gęstości stanów fononowych. Na podstawie takich parcjalnych widm fononowych wyznaczono parametry elastyczne sieci i wykazano, że powierzchniowe modyfikacje dynamiki sieci przestają być istotne już dla drugiej monowarstwy układu. Zaproponowana interpretacja została wsparta obliczeniami „z pierwszych zasad”. W pracy 6H zbadano zależność widm fononowych od grubości warstwy żelaza – od monowarstwy aż do 40 monowarstw. Wyróżniono wkłady do gęstości stanów fononowych pochodzące od dwóch skrajnych warstw (na powierzchni i na międzywierzchni z wolframem) oraz warstw wewnętrznych. Ten ostatni okazał się być zaskakująco bliski rozkładowi stanów fononowych litego kryształu Fe, nawet w przypadku warstw Fe o grubości zaledwie kilku warstw atomowych. Prace 2H i 6H dobrze zaprezentowały też potencjał zastosowanej metody badawczej w badaniach dynamiki sieci o dużej rozdzielczości przestrzennej, jeśli tylko można do badanego układu wprowadzić izotop mössbauerowski.

Publikacja 7H zawiera opis układu do badań rezonansowego rozpraszania jądrowego zbudowanego przy współdziałaniu Habilitanta na linii ID18 w ESRF. Wielokomorowy system ultra wysokiej próżni nie tylko mieści urządzenie do pomiaru rozpraszania promieniowania synchrotronowego ale także umożliwia wyhodowanie *in situ* zaprojektowanego układu metodą MBE, skontrolowanie jego jakości strukturalnej za pomocą dyfrakcji elektronów, scharakteryzowanie metodą spektroskopii Augerowskiej. Pomiar rezonansowego rozpraszania jądrowego może odbywać się w temperaturze obniżanej do 90 K. Komora pomiarowa wyposażona jest też w źródło mössbauerowskiego izotopu ^{57}Fe . Jakość poszczególnych elementów i uniwersalność całego układu zostały udowodnione w eksperymentach opisanych w pracach składających się na osiągnięcie habilitacyjne dr. Ślęzaka. Jego znaczący udział w powstaniu tego stanowiska pomiarowego świadczy o jego wysokich kompetencjach zarówno w zakresie wykorzystania rezonansowego rozpraszania jądrowego jak i pracy ze źródłami promieniowania synchrotronowego oraz stosowania standardowych metod przygotowywania i charakteryzacji powierzchni.

Wszystkie omówione prace zawierają oryginalne, nietrywialne wyniki i dotyczą ważnych problemów naukowych dyskutowanych w literaturze. Zaprojektowano przy tym i zbudowano nowatorskie urządzenie badawcze. Publikacje te zostały zauważone przez środowisko naukowe o czym świadczy 57 cytowań tych siedmiu prac (wg Web of Science). Szczególnie często cytowane są prace dotyczące struktury fononowej warstw żelaza (2H i 6H - obie po 20 cytowań).

O znaczeniu naukowym prac dr. Ślęzaka świadczy również fakt, że dwukrotnie znalazły się one wśród kilkudziesięciu najistotniejszych przedsięwzięć badawczych, zrealizowanych w ESRF wybranych z około tysiąca eksperymentów wykonywanych corocznie w tym ośrodku we wszystkich uprawianych tam dziedzinach nauki. Zostały one opisane w zeszytach „ESRF Highlights” włączonych do przedłożonej dokumentacji: praca *Phonons at the Fe (110) surface* w roku 2007 oraz praca *Non-collinear magnetisation structure of an epitaxial Fe/W(110) film in the vicinity of the thickness-driven spin reorientation transition* w roku 2010.

Przedstawiony przez dr. Tomasza Ślęzaka zbiór publikacji nie budzi zastrzeżeń ani pod względem formalnym ani merytorycznym. Prace stanowią bez wątpienia znaczny wkład do uprawianej przez niego dyscypliny naukowej. Rola Habilitanta w ich powstaniu oraz zawarty w nich zasób znaczących, oryginalnych wyników naukowych w pełni uzasadniają przyjęcie omówionych powyżej prac jako osiągnięcia naukowego w przewodzie habilitacyjnym.

Dorobek naukowy dr. Tomasza Ślęzaka obejmuje 56 publikacji indeksowanych w bazie Journal Citation Reports, opublikowanych w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Czterdzieści osiem z nich zostało opublikowanych po roku 2000 (roku uzyskania stopnia doktora). Spośród tych publikacji 7 ukazało się w *Physical Review Letters*, 5 w *Physical Review B*, 2 w *Journal of Applied Physics*, 1 w *Journal of Physical Chemistry*, 1 w *Applied Physics Letters*. Kolejne publikacje ukazały się w innych cenionych czasopismach m.in.: *Surface Science* (8 publikacji), *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (8), *physica status solidi (a)* (4), *Thin Solid Films* (2), *Physica B* (2), *Review of Scientific Instruments* (1), *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* (1), *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* (1).

Dr Ślęzak jest też współautorem rozdziału w monografii wydanej przez wydawnictwo *John Wiley & Sons* zatytułowanej *Mössbauer Spectroscopy: Applications in Chemistry, Biology, Industry, and Nanotechnology*.

Od początku swojej kariery naukowej dr Ślęzak pracuje w bardzo silnej i aktywnej grupie kierowanej przez prof. Józefa Koreckiego. Praca w takim otoczeniu jest oczywiście czynnikiem znacznie ułatwiającym rozwój kariery młodego pracownika naukowego, jednakże pod warunkiem, że jest on w stanie sprostać intelektualnie i merytorycznie wysokim standardom przyjętym w zespole. Habilitant bez wątplenia spełnił ten warunek i wniósł swój własny wkład do aktywności grupy. Świadczą o tym nie tylko załączone deklaracje współpracowników, w szczególności prof. Koreckiego, ale także 10 wartościowych prac, których pierwszym autorem jest Habilitant (przy niealfabetycznej kolejności autorów) a opublikowanych w cenionych czasopismach o zasięgu międzynarodowym (m.in. 2 w *Phys.Rev.Lett.* i jedna w *Phys.Rev.B*).

O wysokim naukowym poziomie i znaczeniu publikacji dr. Ślęzaka świadczy, prócz wysokiej rangi czasopism, w których publikuje, 440 cytowań i indeks Hirscha równy 13 (według informacji zebranych przez Habilitanta we wrześniu 2013).

Dr Tomasz Ślęzak wygłosił 6 referatów zaproszonych, przedstawił 7 prezentacji ustnych i 12 plakatów na konferencjach międzynarodowych i krajowych. Wśród referatów zaproszonych należy zwrócić uwagę na ten wygłoszony podczas konferencji ICAME 2009 (International Conference on the Application of the Mössbauer Effect) w Wiedniu. Była to trzydziesta z cyklu konferencji o znacznym prestiżu w dziedzinie uprawianej przez Habilitanta, gromadząca kilkuset specjalistów z całego świata.

O autorytecie naukowym dr. Ślęzaka w skali międzynarodowej świadczy zaproszenie go do recenzowania artykułu nadesłanego do *Physical Review Letters* i dwóch do *Physical Review B* a także uczestnictwo w panelu eksperckim oceniającym wnioski o dostęp do Europejskiego Źródła Promieniowania Synchrotronowego (ESRF) w Grenoble.

Dr Tomasz Ślęzak był kierownikiem jednego projektu badawczego (w latach 2009-2011) oraz uczestniczył jako wykonawca w realizacji 8 innych projektów (w tym dwóch europejskich). Brał również udział w realizacji kilkunastu projektów naukowych realizowanych w ESRF Grenoble.

Obok pracy badawczej, dr Ślęzak uczestniczył w organizacji trzech konferencji naukowych a od 2006 roku systematycznie brał udział w działalności dydaktycznej swojej uczelni opiekując się sześcioma magistrantami i dwoma doktorantami (jako promotor pomocniczy).

Aktywność naukowa dr Tomasza Ślęzaka została uhonorowana Nagrodą Prezesa Rady Ministrów za pracę doktorską w 2001 roku, Stypendium Fundacji na rzecz Nauki Polskiej dla młodych naukowców (2001-2002) oraz Nagrodami Rektora AGH w latach 2001-2012.

Oceniając cały dorobek Habilitanta należy stwierdzić, że dr Ślęzak jest uznanym ekspertem w dziedzinie badań właściwości magnetycznych nanostruktur za pomocą rezonansowego jądrowego rozpraszania promieniowania synchrotronowego i wniósł do niej

istotny, oryginalny wkład. Zgromadził dorobek o wysokim poziomie naukowym, dowodzący jego dojrzałości oraz samodzielności. Wskazuje na to duża wartość naukowa jego publikacji, umiejętność pracy w dość licznych zespołach międzynarodowych i korzystania ze współpracy z partnerami, których wiedza może wzbogacić jego badania. Podkreślenia wymaga też udział w rozwijaniu nowoczesnej aparatury badawczej w ESRF.

Znaczne doświadczenie zebrane przy realizacji licznych projektów badawczych a szczególnie zapewnienie finansowania i poprowadzenie własnego projektu uzasadniają wnioski, że dr Ślęzak będzie w stanie zdobywać środki na prowadzenie samodzielnej działalności naukowej. Docenić należy też jego aktywny wkład w kształcenie studentów i doktorantów.

Podsumowując, uważam iż przedstawiony cykl publikacji dr. Tomasza Ślęzaka zatytułowany *Jądrowe rezonansowe rozpraszanie promieniowania synchrotronowego w badaniach dynamiki drgań sieci i magnetyzmu nanostruktur Fe* oraz cały jego dorobek naukowy spełniają bez żadnych wątpliwości ustawowe wymagania stawiane w przypadku ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego. Wnoszę więc do Rady Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie o nadanie dr. Tomaszowi Ślęzakowi stopnia doktora habilitowanego.

Bogdan Kowalski

